



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO

MARYANNE DA COSTA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS EM UMA
COLEÇÃO NUCLEAR DE ARROZ PARA TOLERÂNCIA À SECA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO)

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO/2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO

MARYANNE DA COSTA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS EM UMA
COLEÇÃO NUCLEAR DE ARROZ PARA TOLERÂNCIA À SECA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA
E MEDICINA VETERINÁRIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA
SOUZA

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO/2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO

MARYANNE DA COSTA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS EM UMA
COLEÇÃO NUCLEAR DE ARROZ PARA TOLERÂNCIA À SECA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

APROVADA POR:

NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA, DSc (UnB – FAV), Email: narasouza@unb.br
(ORIENTADORA) CPF: 033.300.726-36

MARCELO FAGIOLI, DSc (UnB – FAV), Email: mfagioli@unb.br
(EXAMINADORA INTERNA) CPF: 729.409.306-78

SELMA REGINA MAGGIOTTO, PhD, Email: srmaggio@unb.br
(EXAMINADORA INTERNA) CPF: 107.744.768-00

BRASÍLIA/DF, 03 DE NOVEMBRO DE 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Maryanne da Costa

Avaliação de características morfofisiológicas em uma coleção nuclear de arroz para tolerância à seca/ Maryanne da Costa Pereira; orientação de Nara Oliveira Silva Souza – Brasília, 2014.:il. Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, M.C. Avaliação de características morfofisiológicas em uma coleção nuclear de arroz para tolerância à seca. Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2014.

CESSÃO DE CRÉDITOS

NOME DO AUTOR: Maryanne da Costa Pereira

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO):
Avaliação de características morfofisiológicas em uma coleção nuclear de arroz para tolerância à seca. ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

Maryanne da Costa Pereira

CPF: 035.678.361-88

E-mail: mary_pereira04@hotmail.com

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.

Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”

Cora Coralina

DEDICO

Aos meus pais, **Márcia e Marcondes**, que desde cedo me ensinaram a importância do estudo e dedicação.

À minha irmã, **Mayara**, minha melhor amiga, exemplo e mãe.

Ao **Lucas**, meu namorado, amigo e companheiro.

À **Célia e Larissa**, por serem companheiras fantásticas e minha família de coração.

Às minhas amigas, por todos os momentos inesquecíveis e imenso suporte.

AGRADEÇO

À professora Nara, pelo apoio e amizade nesses anos de graduação, me orientando, me ajudando e me incentivando a sempre seguir em frente.

À minha família, por todos os ensinamentos, carinho e amor oferecidos.

Ao Lucas, por tanto paciência, estar sempre ao meu lado, oferecendo apoio incondicional.

À Célia e Larissa por me ajudarem e darem sempre o maior amor do mundo.

À todos os professores que me ensinaram o valor da dedicação e do conhecimento.

À Maria Isabella Cristina Coelho dos Reis, pela paciência e por ter me ajudado a realizar todas as avaliações de campo e análises das características do arroz. Com isso nasceu uma grande amizade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1 A cultura do arroz	3
3.2 Arroz de terras altas.....	4
3.3 Relações hídricas na planta de arroz de terras altas.....	5
3.4 Comportamento do arroz de terras altas em condição de deficiência hídrica	6
3.5 Melhoramento genético do arroz de terras altas visando resistência ao déficit hídrico – interação genótipos x ambientes	8
3.6 Avaliação de características morfofisiológicas	10
3.7 Coleção nuclear	12
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 Descrição do local do experimento	14
4.2 Sementes utilizadas nos experimentos de campo	14
4.3 Delineamento experimental	15
4.4 Adubação, irrigação, controle de pragas e doenças e controle de plantas daninhas	15
4.5 Avaliações das características morfofisiológicas.....	16
4.6 Análise estatística	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1 Análise de variância conjunta para as safras 2011/2012 e 2012/2013	19
5.2 Análise do teste de médias.....	22
5.3 Condições do ambiente	29
6. CONCLUSÕES	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
Anexo 1	48
Anexo 2	49

RESUMO

A deficiência hídrica é um dos fatores mais limitantes à produtividade do arroz de terras altas. Uma estratégia de minorar tal problema seria o melhoramento genético. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar características morfofisiológicas em genótipos de uma coleção nuclear de arroz de sequeiro, em duas safras, visando a possível utilização destes genótipos em programas de melhoramento para tolerância à seca. Foram avaliados 36 genótipos de arroz pertencentes a coleção nuclear para tolerância à seca da Embrapa Arroz e Feijão. Dois experimentos de campo foram instalados, sendo a primeira safra 2011/2012 e a segunda na safra agrícola de 2012/2013. As características morfofisiológicas avaliadas, nas fases de maturação e pós-colheita foram altura da planta (AP), resistência do colmo ao acamamento (RCA), senescência das folhas (SF), número de panículas (NPA), número de perfilhos (NPE), exerceção da panícula (EP), comprimento da panícula (CP), distribuição das ramificações da panícula (DRP), distribuição das ramificações secundárias da panícula (DRS), distribuição da arista ao longo da panícula (DALP), cor da arista (CA), pubescência da lema e da pálea (PLP), coloração da lema e da pálea (CLP), coloração do ápulo (CAP) e produtividade média dos grãos (PRO). Foram realizadas análise de variância individual para cada safra e conjunta das duas, sendo as médias analisadas por Scott e Knott. Observou-se que houve diferença significativa entre as safras para todas as características, exceto para DALP, CA, PLP e CAP, considerando fonte de variação entre as safras. Com relação a variação entre genótipos, houve diferença significativa ($P \geq 0,01\%$) apenas para DALP e CA. Observou-se, diferença significativa na interação genótipo x ambiente para AP, NPA, DRP, PLP, CLP, CA e PRO. Com isso, demonstra-se a importância da avaliação dos genótipos em mais de uma condição, visto que estes comportam-se de forma distinta entre as duas safras.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., características morfoagronômicas, melhoramento genético.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é um alimento essencial à dieta, como fonte de energia advinda de carboidratos complexos e proteínas. Considerando-se o Brasil como um dos principais consumidores de arroz no mundo, é de suma importância a preservação do hábito de ingestão diária de arroz, assim como o incentivo ao consumo no país, visto que o arroz agrega valores culturais e nutricionais.

A China é o principal país produtor de arroz, cerca de 30% da produção mundial encontra-se neste país. Na Ásia, destacam-se China, Índia e Indonésia, juntos, produziram 383 milhões de toneladas de arroz na produção mundial 2009/2010. O Brasil é o nono maior produtor, em 2010, produziu 11 milhões de toneladas, aproximadamente 2% da produção mundial (FAO, 2012).

Segundo Santos *et al.* (2006), de acordo com estimativas, até 2050, a produção mundial de arroz deverá dobrar para atender a demanda da população. Atualmente, a produção mundial do grão não consegue acompanhar o crescimento do consumo, já que o crescimento acelerado da população está aumentando a demanda do produto. Para atender a demanda, deverão ser adicionadas ao mercado mundial cerca de dez milhões de toneladas de arroz por ano (SANTOS *et al.*, 2006). Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia, contudo, somente metade desses dez milhões de toneladas necessários para atender a demanda serão produzidos no continente asiático. Diversos motivos para redução da produção são conhecidos, como a redução da área de produção, alta taxa de urbanização, redução da disponibilidade de mão de obra, entre outros. Com isso, a América Latina e África destacam-se como regiões de elevado potencial, quase inexplorado, para produzir arroz com capacidade de atender a tal demanda.

No Brasil, são considerados dois grandes ecossistemas para cultura de arroz, o de várzeas, constituído dos sistemas irrigados por inundação controlada e várzeas úmidas e o de terras altas, constituído do sistema de sequeiro e do sistema irrigação por aspersão.

O arroz de terras altas é caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta, enquanto que em condições de solo

inundado, a consequente criação de uma condição anaeróbica implica uma série de transformações que influenciam, não só o desenvolvimento da planta, como também a absorção de nutrientes e manejo do solo (SANTOS *et al.*, 2006).

A produtividade do arroz no sistema de sequeiro, no Brasil, é considerada muito baixa, além de ser frequentemente desestabilizada pela deficiência hídrica causada pela instabilidade climática durante o período de cultivo, pois as precipitações pluviais são erráticas, ocorrendo períodos de estiagem. Uma estratégia para minorar tal problema seria a disponibilidade de genótipos tolerantes à deficiência hídrica (PEREIRA *et al.*, 1994).

Os programas de melhoramento genético para arroz de terras altas visam desenvolver novos genótipos que apresentem alto potencial de produtividade de grãos, afim de garantir adaptabilidade aos períodos de déficit hídrico e características de produtividade e qualidade de grãos próximas aos do arroz inundado (NUNES, 2012).

Características botânicas, agronômicas e fenológicas determinadas nas fases vegetativa, florescimento, maturação, colheita e pós-colheita, feitas por meio de descritores, permitem inferir maior ou menor adaptação do genótipo a determinada condição ambiental. Hayashi *et al.* (2007), constataram a importância da avaliação fenológica da cultura, considerando que existem interações genótipos x ambientes nos estudos de tolerância à seca.

2. OBJETIVOS

Nesse sentido, os objetivos do trabalho foram avaliar características morfofisiológicas em genótipos de uma coleção nuclear de arroz de sequeiro, em duas safras diferentes, anos 2011/2012 e 2012/2013, visando a possível utilização destes genótipos em programas de melhoramento para tolerância à seca.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do arroz

O arroz, pertencente à família Poaceae, subfamília Pooideae e tribo Oryzae. É uma gramínea do gênero *Oryza*. O gênero é composto por 22 espécies, dentre as quais *Oryza sativa* L., de origem asiática e *Oryza glaberrima* Steud, oriunda da África, são as principais espécies domesticadas (ROSSO, 2006). *Oryza sativa* L. é composta por três subespécies denominadas *Javanica*, *Japonica*, cultivada na Ásia, África, América do Sul e Norte e *Indica*, presente em regiões tropicais.

As variedades tradicionais de arroz de terras altas, cultivadas até 1970, pertencem ao grupo *Japonica* e as variedades provenientes do sistema de várzeas pertencem ao grupo *Indica*. Novas cultivares brasileiras, utilizadas atualmente no sistema de terras altas, são fruto do cruzamento entre grupo *Indica* e *Japonica* (PINHEIRO, 1998).

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma espécie hidrófila, cujo processo evolutivo levou a adaptações às variadas condições ambientais. Segundo Guimarães *et al.* (2006) são considerados dois grandes agroecossistemas para cultura, o de várzeas, constituído dos sistemas irrigado por inundação controlada e várzeas úmidas, e o de terras altas, constituído do sistema de sequeiro e do sistema de irrigação por aspersão.

O Rio Grande do Sul apresenta a maior área plantada de arroz do Brasil. A projeção média da produção da safra 2014/2015 deverá ser 3,4% superior em relação à safra 2013/2014, atingindo 12.571,2 toneladas. Tal aumento de produção ocorre principalmente devido ao bom patamar de preços e boas condições atuais de plantio na região Sul (CONAB, 2014).

Nas Regiões Norte e Centro - Oeste, o plantio da lavoura de arroz de sequeiro ocorre associado a baixos níveis tecnológicos com as adversidades climáticas e atendem circunstâncias de subsistência, uma vez que os mercados locais são abastecidos por produtos de melhor qualidade e preços competitivos,

oriundos de outras regiões do país. Segundo a Conab (2014), a produção regional na safra 2013/2014 apresentou o maior incremento percentual do país, igual a 20%. Assim, aumentou o interesse nos sistemas de produção de arroz de terras altas no Brasil.

3.2 Arroz de terras altas

Em terras altas, o arroz pode ser cultivado com irrigação por aspersão ou sem irrigação, sendo totalmente depende da precipitação pluvial (SANTOS *et al.*, 2006). A denominação de arroz de terras altas deve-se ao fato de que nesse sistema de produção o cultivo não ocorre em solos hidromórficos e não se utiliza irrigação por inundação (LORENÇONI, 2013).

Uma condição básica para existência do arroz de terras altas é a disponibilidade de água da chuva, no caso do arroz de sequeiro. Condições climáticas desfavoráveis, como ocorrência de estiagem prolongada, períodos com precipitação pluvial abaixo do normal, limitam a produtividade da cultura (BOYER, 1982; KRAMER; BOYER, 1995). Esses períodos de estiagem durante o ciclo da cultura causam decréscimo na produção de massa de matéria seca total e produtividade dos grãos (STONE; PEREIRA, 1994; CRUSCIOL *et al.*, 2003).

A baixa tecnologia adotada, quando associada a tais períodos de estiagem e alta demanda por água da cultura durante o ciclo produtivo, contribuem para baixa produtividade do sistema de terras altas, desestimulando a produção (ARF *et al.*, 2000).

O arroz de terras altas, apresenta além da baixa produtividade, qualidade de sementes inferior quando comparada com sementes oriundas do sistema de várzeas. Isto ocorre devido a diferença genética dos materiais utilizados nos dois sistemas e ocorrência déficit hídrico que a planta sofre durante seu ciclo (NAKAGAWA *et al.*, 2001).

A região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo de arroz de terras altas. O cultivo tradicional de arroz de sequeiro é utilizado desde 1970, quando

as políticas governamentais, por meio de créditos e assistência técnica, estimularam a utilização do cerrado para produção de alimentos. O arroz, por sua rusticidade e tolerância a acidez (SARKARUNG, 1986), foi utilizado nessa região como elemento de abertura de áreas para implantação de pastagens e outras culturas, como milho e soja (EMBRAPA, 1981).

Recentemente, vem ocorrendo uma demanda crescente por tecnologias mais eficientes e aperfeiçoamento dos sistemas de produção. Os números apontam a expansão da produção de arroz de terras altas no Brasil, devido à profissionalização do setor e desenvolvimento de tecnologias agrícolas (SANTOS *et al.*, 2006).

Atualmente, é observado o aumento do plantio em áreas comerciais, melhoria da qualidade do grão, características que atraem economicamente o agricultor, e consequente redução das diferenças entre arroz irrigado e de sequeiro, assim como o incremento da produtividade do arroz de terras altas, acarretado pelo desenvolvimento de novas variedades cultivadas de arroz adaptadas ao cultivo em terras altas (SILVA, 2012).

3.3 Relações hídricas na planta de arroz de terras altas

O arroz de terras altas necessita de 200 mm de chuva por mês durante o ciclo de vida (MORAIS *et al.*, 1979). O consumo de água pela cultura do arroz de terras altas é distribuído em 30% durante fase vegetativa, 55% durante fase reprodutiva e 15% na fase de maturação (FAGERIA, 1980).

Em algumas regiões produtoras de arroz de terras altas, em específico, a região do Cerrado, é comum a ocorrência de estiagens durante a estação chuvosa, sendo o déficit hídrico fator limitante à produtividade do grão.

A disponibilidade de água nessa região, pode ainda, ser prejudicada em função do uso de métodos inadequados de preparo do solo, como uso de grades aradoras, que provocam compactação da subsuperfície do solo e, conseqüentemente, dificultam o enraizamento, infiltração e armazenamento de água (SEGUY *et al.*, 1984). Consoante a esse tema, Kluthcouski *et al.* (1991),

tal compactação faz com que a maior concentração de raízes esteja nos primeiros 10 cm do solo.

O déficit hídrico provoca estresse na planta, termo definido como “desvio das condições ótimas para o seu crescimento, desenvolvimento e sobrevivência” (LARCHER, 2006). O efeito da deficiência hídrica dependerá da coincidência entre o seu período de ocorrência e dos processos fisiológicos determinantes da produtividade, além da tolerância relativa da planta (SANTOS *et al.*, 2006).

Embora seja prejudicial em todas as fases de desenvolvimento, o período mais crítico à deficiência hídrica é a fase reprodutiva, destacando-se o período de divisão e redução da célula-mãe do pólen (meiose) e o florescimento (MATSUSHIMA, 1968). A falta de água nessa época provoca esterilidade ou má formação de espiguetas com grande reflexo na produtividade (MOREIRA; KLUGE, 1999).

Guimarães *et al.* (2011), verificaram que a deficiência hídrica, na floração, causou redução de 37% na massa das panículas, possivelmente devido à menor dimensão do dreno. Ainda Lafitte e Courtois (2002) testaram 45 cultivares em uma série de ensaios de campo, com objetivo de estimar a interação genótipo x ambiente para várias características tidas como relevantes em condições de déficit hídrico. Observaram grande variação entre produtividades entre ambientes. As características que melhor se relacionaram aos escores de interação cultivar x ambiente foram a data de florescimento, conteúdo relativo de água nas folhas, pressão de raiz, área foliar e profundidade radicular.

Na fase de maturação, a deficiência hídrica afeta o peso das sementes de arroz (Stone *et al.*, 1986), principalmente quando ocorre nos primeiros quatorze dias após o florescimento.

3.4 Comportamento do arroz de terras altas em condição de deficiência hídrica

O estresse causado pela deficiência hídrica tem efeito em diversos processos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos nas plantas (RANGEL, 2008).

Sob condições de estresse ambiental, as plantas podem iniciar diversas mudanças moleculares, celulares e fisiológicas para responder e adaptar-se à tais condições (NOGUEIRA *et al.*, 1998; LARCHER, 2006).

A planta reage à deficiência hídrica com redução na altura das plantas, área foliar e produção de biomassa, aborto de perfilhos, mudanças na massa seca das raízes e na profundidade de enraizamento, atraso no desenvolvimento reprodutivo e redução da produtividade (GUIMARÃES *et al.*, 2011). A deficiência hídrica gera, ainda, efeitos nas sementes, reduzindo sua produtividade e qualidade (STONE *et al.*, 1986; CARVALHO JÚNIOR, 1987; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993), assim como alterações no vigor e germinação (CRUSCIOL *et al.*, 1997).

Segundo Machado *et al.* (1996), tais efeitos ao déficit hídrico são consequência da redução da taxa de assimilação de CO₂, resultando em consequências negativas sobre a taxa fotossintética, efeitos, ainda, na transpiração, condutância estomática e no potencial de água da folha, os quais afetam diretamente a produção biológica e/ou econômica.

De maneira geral, a diminuição da disponibilidade de água para a planta reduz a fixação de carbono devido a redução da abertura estomática, reduzindo o vigor e crescimento da planta (CHAVES; OLIVEIRA, 2004).

O arroz de terras altas, milho e sorgo, conforme Fukai e Inthapan (1988), apresentam similar desenvolvimento radicular e absorção de água até 60 cm de profundidade, entretanto, abaixo dessa, a extração de água pelo arroz é inferior, sendo esse, um dos fatores responsáveis pela acentuada sensibilidade do arroz à falta de água.

As respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares das plantas submetidas ao estresse hídrico podem ser complexas, e dependem do genótipo e do estágio de desenvolvimento da planta além da duração, severidade e natureza do estresse. Sua sobrevivência depende, primordialmente, da velocidade de resposta aos estímulos externos (VIDAL *et al.*, 2005). Logo, os prejuízos causados dependem da demanda específica do arroz em cada estágio fenológico e da disponibilidade de água no solo (RANGEL, 2008).

Yoshida e Hasegawa (1982) relataram que na planta de arroz há elevada variabilidade genotípica para densidade radicular abaixo de 30 cm de profundidade. No trabalho de tais autores foi usada a relação biomassa de raízes mais profundas/ parte aérea como índice de resistência à deficiência hídrica. Após avaliarem um número considerável de linhagens, verificou-se que a relação sistema radicular profundo/ parte aérea perfilharam menos e tinham porte mais alto.

Fukai e Cooper (1995), baseado nas linhas examinadas por Yoshida e Hasegawa (1982), confirmaram que as plantas mais adaptadas à escassez de água detinham maior altura e menor perfilhamento. Suas raízes eram menos numerosas, entretanto, muito mais vigorosas e profundas, com melhor distribuição de ramificações secundárias e terciárias, dependendo do perfil do solo.

A maior produtividade de grãos de arroz de terras altas sob deficiência hídrica pode estar associada a vários parâmetros, sendo eles o aumento e melhor distribuição de sistema radicular, acarretando em melhor eficiência na absorção e armazenamento de água em camadas mais profundas do solo, e ainda o aumento da sensibilidade estomática (KRAMER; BOYER, 1995).

3.5 Melhoramento genético do arroz de terras altas visando resistência ao déficit hídrico – interação genótipos x ambientes

O principal objetivo de um programa de melhoramento genético é a obtenção de variedades cultivadas mais produtivas e que contenham características específicas que possibilitem o seu cultivo, com sucesso, em determinados locais (RANGEL, 2008). O melhoramento genético é um mecanismo essencial para a obtenção de plantas mais tolerantes e produtivas sob condições adversas, visto que estresses abióticos podem reduzir significativamente a produtividade das lavouras e limitar locais onde espécies comercialmente importantes podem ser cultivadas (RABELO *et al.*, 2006).

O desenvolvimento de variedades cultivadas de arroz mais tolerantes à seca ainda é uma das alternativas mais promissoras e de maiores chances de sucesso para o aumento da produtividade do arroz de terras altas sob condições de disponibilidade hídrica reduzida (SANTOS *et al.*, 2006).

Fatores como condições edafoclimáticas, práticas culturais, ocorrência de patógenos, dentre outros, afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo, coletivamente, denominados 'ambiente', ou seja, fatores de origem não-genética que afetam o desenvolvimento das plantas (BORÉM, 1998). O conhecimento da participação do ambiente na manifestação do fenótipo proporciona a otimização da seleção, permitindo a escolha de genótipos superiores sob qualquer condição (MARCHIORO *et al.*, 2005).

A seleção de genótipos bem adaptados e com elevada produtividade, em diferentes tipos de ambientes, é um dos objetivos do melhoramento de plantas. Contudo, tal seleção pode ser prejudicada pela interação genótipos x ambientes, resultando em comportamento variável dos materiais cultivados (BUENO *et al.*, 2006). Em diversos programas de melhoramento, a seleção de indivíduos é realizada fenotipicamente, sendo os genótipos selecionados de acordo com caracteres de interesse agrônomo, expressos no fenótipo (TERRA, 2008).

A existência de variabilidade genética para as características de interesse aumenta as chances de serem encontrados genótipos superiores. Para que tal seleção seja eficiente, a divergência entre os dois genótipos parentais deve ser a maior possível, aumentando dessa forma as chances para que a recombinação seja maximizada (RANGEL, 2008).

Colocar em disponibilidade genótipos produtivos e com características de tolerância ao déficit hídrico é um desafio contínuo para os programas de melhoramento, pois a seca é a maior fonte de instabilidade do rendimento de grãos em áreas sujeitas a tais condições (LAZAR *et al.*, 1995).

Pouco sucesso tem sido obtido na melhoria da resistência ao estresse, até o momento, devido à maioria dos traços relativos à resistência ao estresse possuírem base genética complexa, controlada e influenciada pela expressão diferencial de uma rede de genes (SHINOZAKI; YAMAGUCHIO- SHUINOZAKI, 2007).

Segundo Fukai e Cooper (1995), ao se avaliar a utilidade dos caracteres para aumentar o rendimento de grãos, destaca-se a importância do desenvolvimento fenológico sob circunstâncias ocasionadas pelo estresse no efeito do rendimento do produto. O conhecimento dos fatores envolvidos na tolerância à seca e das respostas das plantas a esse tipo de estresse fornece informações essenciais para a obtenção de cultivares mais tolerantes.

Venuprasad *et al.* (2007), avaliando a eficácia de uma seleção de populações de arroz de terras altas para maior produtividade sob condições de seca, resultante do cruzamento entre genótipos de arroz irrigado e de terras altas, concluíram que em uma população derivada de genitores altamente tolerante à seca ocorreram ganhos de produtividade.

Kumar *et al.* (2008) também verificaram que o uso de doadores altamente tolerantes à seca como parentes em cruzamentos com variedades altamente produtivas, porém suscetíveis ao estresse hídrico resultou em uma elevada frequência de genótipos combinando alto potencial produtivo com boa tolerância ao estresse hídrico. Portanto, a escolha dos genitores é muito importante para a obtenção de materiais de arroz produtivos e tolerantes à seca (ADORIAN, 2010).

A despeito do considerável aumento do conhecimento sobre estresse fisiológico, o desenvolvimento de genótipos tolerantes à deficiência hídrica tem sido lento, entretanto, avanços podem ser obtidos por meio de melhoramento genético direcionado, de forma a atender à condição específica de deficiência hídrica (FUKAI; COOPER, 1995).

3.6 Avaliação de características morfofisiológicas

Dentre os caracteres morfofisiológicos e produtivos expressos na cultura do arroz submetido ao estresse causado pela deficiência de água, destacam-se aqueles que podem ser utilizados em programas de melhoramento na diferenciação entre genótipos (TERRA, 2008).

A caracterização botânica, agrônômica e fenológica de genótipos, realizada nas fases vegetativa, florescimento, maturação, colheita e pós-

colheita, por meio de descritores, permite inferir maior ou menor adaptação do genótipo a determinada condição ambiental (HAYASHI *et al.*, 2007)

A Embrapa disponibiliza uma lista de descritores para a cultura de arroz (*Oriza spp.*) (EMBRAPA, 2009), sendo que os de caracterização da planta são separados de acordo com as fases, em vegetativa, reprodutiva, maturação e pós-colheita, conforme descritos abaixo:

a) Fase vegetativa:

- a.1) Cor da bainha da folha;
- a.2) Intensidade da cor verde na lâmina da folha;
- a.3) Posição da lâmina da folha;
- a.4) Pubescência da lâmina da folha
- a.5) Cor da aurícula;
- a.6) Cor do colar;
- a.7) Comprimento da lâmina da folha.

b) Fase reprodutiva:

- b.1) Largura da lâmina da folha;
- b.2) Comprimento da folha bandeira;
- b.3) Largura da folha bandeira;
- b.4) Posição da folha bandeira;
- b.5) Posição do colmo;
- b.6) Coloração do colmo.

c) Fase de maturação:

- c.1) Altura da planta;
- c.2) Resistência do colmo ao acamamento;
- c.3) Senescência das folhas;
- c.4) Número de perfilhos e panículas;
- c.5) Exerção da panícula;

d) Fase de pós-colheita:

- d.1) Comprimento da panícula;
- d.2) Distribuição das ramificações da panícula;
- d.3) Distribuição da ramificação secundária da panícula;
- d.4) Distribuição da arista ao longo da panícula;
- d.5) Cor da arista;
- d.6) Pubescência da lema e da pálea;
- d.7) Coloração da lema e pálea;
- d.8) Coloração do apículo (após a colheita);
- d.9) Comprimento do grão descascado em milímetro (cariopse);
- d.10) Largura do grão descascado em milímetro (cariopse);
- d.11) Espessura do grão descascado em milímetro (cariopse);
- d.12) Peso de 100 grãos descascados em gramas (cariopse);
- d.13) Coloração do pericarpo (cariopse);
- d.14) Rendimento de grãos inteiros;
- d.15) Rendimento de grãos quebrados;
- d.16) Produtividade média de grãos.

Neste estudo foram avaliados os descritores das fases de maturação e pós-colheita.

3.7 Coleção nuclear

Conforme Frankel (1984), as Coleções Nucleares são definidas como uma amostra da coleção completa de germoplasma de uma cultura, na qual se procura representar o máximo da variabilidade genética, com um mínimo de genótipos geneticamente semelhantes. Equivaleria a 10% dos acessos da coleção completa, representativos de, no mínimo, 80% da variabilidade genética (BROWN, 1989). As Coleções Nucleares não visam substituir a coleção de germoplasma, e sim possibilitar que estudos de caracterização de uma série de variáveis sejam viabilizados pelo menor tamanho das coleções.

A Embrapa possui uma grande coleção de germoplasma de arroz e situa-se em torno de dez mil acessos coletados (ABADIE *et al.*, 2005), sendo quatrocentos e oitenta e cinco acessos de arroz apenas do grupo *Japonica*. De forma a facilitar o trabalho com tais acessos de arroz, foi idealizada a coleção de acessos, a partir desse grupo, formada apenas por materiais da subespécie *Japonica*, intitulada coleção nuclear.

Tal coleção foi formada por meio de genotipagem, chegando a um grupo de oitenta e sete acessos, os quais correspondem a 85% da riqueza alélica da coleção anterior formada por 485 acessos (TERRA, 2008).

Neste estudo foram utilizados genótipos dessa coleção nuclear e assim foi possível trabalhar de forma mais eficiente, minimizando erros experimentais e ter grande representatividade genética.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição do local do experimento

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Água Limpa (FAL), situada no Bairro Vargem Bonita de Brasília-DF, 25 km ao Sul do Distrito Federal com latitude de 15° 56' Sul, longitude de 47° 56' Oeste e 1080 m de altitude. O clima da região é caracterizado por chuvas concentradas no verão, de outubro a abril, e invernos secos de maio a setembro (MELO, 1999). As avaliações pós-colheita foram realizadas no Laboratório de Fitotecnia e Melhoramento da Universidade de Brasília (UnB).

4.2 Sementes utilizadas nos experimentos de campo

Os genótipos da coleção nuclear para tolerância à seca utilizados neste trabalho foram obtidos na Embrapa Arroz e Feijão. Inicialmente uma coleção de germoplasma de 548 variedades tradicionais de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* spp. *Japonica*) coletadas no Brasil e potencial fonte de variabilidade genética para tolerância à seca, foi caracterizada através de genotipagem semi-automática com 16 marcadores microsatélites marcados com fluorescência, organizados em três painéis multiplex. Sessenta e três materiais que possuíam *background* genético da subespécie *Indica* foram eliminados das análises. Uma matriz diagonal de distância genética par-a-par dos 485 acessos de arroz *Japonica* foi utilizada como arquivo de entrada de dados para cálculos pelo programa Corex - Core Extractor. A partir das análises realizadas neste programa foi selecionada uma coleção nuclear constituída de 86 acessos que contém mais de 80% da riqueza da coleção referência, mas tendo aproximadamente 15% do tamanho desta.

Inicialmente foi realizado um plantio, no ano agrícola 2009/2010 (data de plantio: 05/12/2009) de avaliação de 108 genótipos oriundos desta coleção

descrita acima. Foram selecionados 36 genótipos que apresentavam como mais promissores em produtividade e que resistiram à seca ocorrida nesta safra.

Estes 36 genótipos selecionados foram usados para plantio neste estudo. Foram instalados dois experimentos de campo, sendo a primeira safra, 2011/2012, com plantio em 10 de dezembro de 2011. Foram realizadas as avaliações e as sementes foram utilizadas para plantio do próximo experimento. Sendo então, realizado na safra agrícola 2012/2013, com plantio em 10 de dezembro de 2012 dos mesmos 36 genótipos

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o látice simples 10 x 10, com duas repetições. As parcelas foram formadas por dois sulcos de 2,0 m de comprimento espaçadas de 0,35 m. A densidade de semeadura foi de 80 sementes por metro linear.

4.4 Adubação, irrigação, controle de pragas e doenças e controle de plantas daninhas

A adubação de plantio foi com NPK mais Zn, nas proporções de 12, 90, 48 e 20 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O e sulfato de zinco, respectivamente. A semeadura foi realizada em plantio convencional com duas gradagens pesadas e uma leve ou niveladora. As adubações de cobertura foram realizadas à lanço, a primeira aos vinte dias após a emergência (DAE) das plantas de arroz e a segunda aos noventa DAE, aplicando-se 45 kg/ ha de nitrogênio na forma de uréia.

Não foi utilizada irrigação suplementar, tampouco foram adotadas práticas de controle de pragas e doenças. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual.

4.5 Avaliações das características morfofisiológicas

As avaliações foram realizadas por meio de descritores morfofisiológicos de arroz, os quais têm sido utilizados com o intuito de descrever o genótipo e auxiliar os melhoristas na seleção de progenitores com requisitos para incluí-los em programas de melhoramento (FONSECA *et al.*, 2002).

As descrições foram feitas de acordo com os descritores mínimos estabelecidos pelo SNPC, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), (BRASIL, 1997) e indicados pelo IRRI (1980), com inclusões e alterações segundo Jennings *et al.* (1979), Fonseca & Bedendo (1984) e Freire *et al.* (1999). Esta lista foi modificada pela Embrapa Arroz e Feijão (EMBRAPA, 2009).

As características morfofisiológicas, das fases de maturação e pós colheita avaliadas foram:

a) Fase de maturação:

a.1) Altura da planta: altura em metro do solo até a extremidade da panícula do perfilho principal, tomada em cinco plantas competitivas.

a.2) Resistência do colmo ao acamamento: os colmos foram classificados em 1- muito fraco, 3- colmo fraco, 5- colmo intermediário, 7-colmo forte e 9- colmo muito forte.

a.3) Senescência das folhas: a senescência das folhas foi classificada em 1- muito precoce, 3- precoce, 5- intermediária, 7- tardia e 9-muito tardia.

a.4) Número de panículas: foi contado o número de panículas em um metro linear de linha.

a.5) Número de perfilhos: foi contado o número de perfilhos em um metro linear de linha.

a.6) Exerção da panícula: as panículas foram classificadas em 1- fechadas, 3- exerção parcial, 5- exerção justa, 7- exerção moderada e 9- exerção total.

b) Fase de pós - colheita:

b.1) Comprimento da panícula: comprimento do eixo principal da panícula medido da base até o topo da panícula, dado obtido em cinco panículas. Podem ser classificadas em 1- muito curtas (<11 cm), 3- curtas (≈ 15 cm), 5- médias (≈ 25 cm), 7- longas (≈ 35 cm) e muito longas (> 35 cm).

b.2) Distribuição das ramificações da panícula: classificadas em 1- ereta, 3- semi-ereta, 5- aberta, 7- horizontal e 9- decumbente.

b.3) Distribuição da ramificação secundária da panícula: classificadas como 0- ausente, 1- esparsa, 2- densa e 3- compacta.

b.4) Distribuição da arista ao longo da panícula: classificadas como 0- ausente, 1- somente no topo da panícula, 2- somente quarto superior da panícula, 3- somente na metade superior da panícula, 4- somente nos três quartos da panícula e 5- em toda panícula.

b.5) Cor da arista: 0- ausência de arista, 1- branca, 2- palha, 3- dourada, 4- marrom, 5- verde claro, 6- vermelha, 7- púrpura e 8- preta.

b.6) Pubescência da lema e da pálea: presença ou ausência de pubescência nas glumelas utilizando lentes de aumento. Classificadas em 1- glabras e 2- pubescentes.

b.7) Coloração da lema e da pálea: podem ser classificadas em 1- brancas, 2- palha, 3- douradas, 4- marrom- avermelhado, 5- púrpura e 6- pretas.

b.8) Coloração do apículo: a coloração do apículo foi classificada em 1- branco, 2- palha, 3- dourado, 4- marrom-avermelhado, 5- púrpura e 6- preto.

b.9) Produtividade média dos grãos (kg): peso da parcela e posteriormente calculado em kg/ha.

4.6 Análise estatística

A análise estatística foi realizada no programa Assistat 7.5 e o teste de médias utilizado nas avaliações foi o de Scott e Knott. Foram realizadas análises de variância individual para cada safra (2011/12 e 2012/13) e posteriormente, realizada análise de variância conjunta considerando as duas safras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise de variância conjunta para as safras 2011/2012 e 2012/2013

Foi realizada análise de variância individual para cada safra (Anexo 1 e 2) e posteriormente análise de variância conjunta, considerando as duas safras, 2011/12 e 2012/13 (Tabelas 1, 2 e 3). Pode-se observar que houve diferença significativa para todas as características, exceto para DALP (distribuição da arista ao longo da panícula), CA (cor da arista), PLP (pubescência da lema e pálea) e CAP (coloração do apículo) considerando a fonte de variação safras, demonstradas nas tabelas 1, 2 e 3 o que permite inferir que houve diferença de uma safra para outra.

Tabela 1. Análise de variância conjunta de características morfofisiológicas em uma coleção de arroz de sequeiro.

FV	GL	Característica (QM)				
		AP	RCA	SF	NPA	NPE
Safras (S)	1	22740,87**	124,44**	153,21**	80139,69**	30462,93**
Genótipos (G)	35	201,30 ^{ns}	1,11 ^{ns}	3,15 ^{ns}	258,12 ^{ns}	349,02 ^{ns}
S x G	35	131,25**	1,17 ^{ns}	2,28 ^{ns}	361,47*	336,81 ^{ns}
Erro médio	140	64,045	1,06	2,36	204,26	245,12

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo pelo teste F; AP: altura de planta; RCA: Resistência do colmo ao acamamento; SF: senescência das folhas; NPA: número de panículas; NPE: número de perfilhos.

Com relação à fonte de variação genótipos, observou-se diferença significativa ($P \geq 0,01\%$) apenas para DALP (distribuição da arista ao longo da panícula) e CA (cor da arista) (Tabelas 1, 2 e 3). Isto demonstra que apesar da diferença entre as safras, os genótipos comportaram-se de modo semelhante, considerando as características avaliadas.

A identificação da variabilidade do banco de germoplasma e da riqueza de informações a respeito da diversidade nele contida são importantes para

facilitar e aumentar o uso dos acessos no melhoramento genético de arroz (VIEIRA, 2007). Contudo, nestes genótipos avaliados, não foi possível verificar diferença entre eles, para as características consideradas, sendo assim, necessário pensar em aumento do número de genótipos para continuação do programa de melhoramento.

Tabela 2. Análise de variância conjunta de características morfofisiológicas em uma coleção de arroz de sequeiro.

FV	GL	Característica (QM)				
		EP	CP	DRP	DRS	DALP
Safras (S)	1	56,07**	7,35*	1009,20**	17,25**	0,45 ^{ns}
Genótipos (G)	35	3,18 ^{ns}	1,23 ^{ns}	6,54 ^{ns}	0,66 ^{ns}	2,25**
S x G	35	3,30 ^{ns}	1,26 ^{ns}	8,07*	0,66 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Erro médio	140	2,57	1,06	5,23	0,51	0,50

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo pelo teste F; EP: exercício da panícula; CP: comprimento de panícula; DRP: distribuição das ramificações da panícula; DRS: distribuição da ramificação secundária; DALP: distribuição da arista ao longo da panícula.

Tabela 3. Análise de variância conjunta de características morfofisiológicas em uma coleção de arroz de sequeiro.

FV	GL	Característica (QM)				
		CA	PLP	CLP	CAP	PRO
Safras (S)	1	0,66 ^{ns}	0,18 ^{ns}	7,41**	5,37 ^{ns}	2.209.279,92*
Genótipos (G)	35	1,65**	0,33 ^{ns}	0,78 ^{ns}	3,93 ^{ns}	333.470,07 ^{ns}
S x G	35	0,54 ^{ns}	0,39**	0,57**	2,76*	346.572,21**
Erro médio	140	0,34	0,15	0,26	1,57	84.959,125

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo pelo teste F; CA: cor da arista; PLP: pubescência da lema e da pálea; CLP: coloração da lema e da pálea; CAP: coloração do ápico; PRO: produtividade.

Assim como nesse estudo, no trabalho de Menezes (2011) também não foram detectadas diferenças significativas em relação ao número de panículas

viáveis por m², espiguetas por panícula e porcentagem de espiguetas férteis por panícula entre os genótipos.

Segundo Nascimento e Cunha Filho (1983), a característica presença ou ausência de arista é controlada por dois pares de genes, sendo um deles responsável por sua expressão e o outro um inibidor do primeiro. No trabalho de Menezes (2011) foram observadas diferenças entre os genótipos de arroz avaliados, quanto a esta característica, corroborando com os resultados deste trabalho.

Na interação genótipos x ambientes, observou-se diferença significativa para AP (altura de planta), NPA (número de panículas), DRP (distribuição das ramificações da panícula), PLP (pubescência da lema e da pálea), CLP (coloração da lema e da pálea), CAP (coloração do apículo) e PRO (produtividade) (Tabelas 1, 2 e 3). Isso permite considerar que estas características sofreram interferência da condição ambiental, ou seja, dependendo da condição presente na safra, os genótipos apresentaram resposta diferenciada para estas características consideradas.

Além disso, é importante observar, que a existência de significância na interação genótipos x ambientes, demonstra a importância de avaliações em diferentes condições, quando se pretende selecionar genótipos superiores.

Segundo Bonow *et al.* (2007) a cor do apículo é uma característica muito útil na diferenciação de cultivares pois se trata de uma característica qualitativa pouco influenciada pelo ambiente. Contudo, nesse estudo, foi verificado interação genótipos x ambientes para esta característica.

A característica número de panículas (NPA) apresentou diferença significativa na interação, o que está de acordo com Guimarães *et al.* (2003), que menciona que esta característica é bastante influenciada pelas condições ambientais.

A interação genótipo x ambiente foi definida por Shelbourne (1972) como sendo a variação entre genótipos em resposta a diferentes condições ambientais. Dentre as muitas definições de interação genótipo x ambiente pode-se sintetizar a uma implicação prática em que a melhor população ou indivíduos

numa condição não são necessariamente os melhores para outras condições (PATIÑO VALERA, 1986).

Um mesmo genótipo responde de maneira diferenciada de acordo com o ambiente em que se encontra, e esta resposta diferencial dos efeitos genotípicos e ambientais no desenvolvimento dos organismos, conforme afirma Kageyama (1980), dá origem ao importante grupo de parâmetros genéticos conhecidos como interação genótipo x ambiente.

A produtividade de arroz é determinada pelos componentes número de panícula por área, número de grãos por panícula e massa de grãos, sendo a massa de grãos, a característica mais estável que as demais, pois, o tamanho do grão é limitado fisicamente pela lema e a pálea (MARCHEZAN, 1994). Estas características e outras como comprimento da panícula, degrane e rendimento de grãos inteiros são fortemente influenciadas pelo ambiente (FONSECA *et al.*, 2002).

5.2 Análise do teste de médias

Nas tabelas 4 e 5 estão apresentados os resultados dos testes de médias para as características que apresentaram diferença estatística significativa ($P \geq 0,01$ ou 0,05%). Os caracteres fenotípicos são importantes meios de seleção de genótipos superiores para determinada condição em que se deseja criar novos materiais, principalmente sob condições edafoclimáticas estressantes (TERRA, 2008).

As médias gerais da altura da planta (Tabela 4) das safras 2011/2012 e 2012/2013 foram, respectivamente, 74,86 cm e 95,38 cm. A primeira safra apresentou redução de 20,52 cm na altura média, quando comparada com a segunda. Essa diferença obtida nos resultados foi relatada por Terra (2008), e é atribuída às diferentes condições ambientais presentes em cada uma das safras analisadas.

Tabela 4. Média geral de características morfoagronômicas em uma coleção de arroz de sequeiro.

Característica	SAFRAS	
	2011/12	2012/13
Altura da planta (cm)	74,86 b	95,38 a
Resistência do colmo ao acamamento	7,40 b	8,93 a
Senescência das folhas	5,57 b	3,89 a
Número de panículas	27,19 b	65,72 a
Número de perfilhos	25,24 b	49,00 a
Exerção da panícula	6,67 b	5,65 a
Comprimento da panícula	3,78 b	4,15 a
Distribuição das ramificações da panícula	6,18 a	1,86 b
Distribuição das ramificações secundárias	2,01 b	2,57 a
Coloração da lema e pálea	2,12 b	2,49 a
Produtividade (kg/ha)	803,98 a	601,71 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Segundo Terra *et al.* (2012), plantas submetidas ao estresse de seca, apresentam redução da taxa fotossintética e reflexos negativos na produção de biomassa, e consequentemente, na altura.

Em ensaio conduzido na Região Nordeste no ano de 2005 por Rangel *et al.* (2006) observou-se altura de 85 cm para a cultivar SCSBRS Tio Taka, valor intermediário ao encontrado neste experimento. A maior estatura confere a planta grande capacidade de competição pelo recurso de radiação solar, mas maior susceptibilidade ao acamamento (STRECK *et al.*, 2008). Em Serafim (2003) a altura da planta apresentou distribuição contínua e segregação transgressiva no sentido do genitor mais baixo quando se avaliou a geração F₂ do cruzamento das cultivares de arroz branco IRGA e Quilla66304.

Em grande parte, cultivares com menores alturas são materiais melhorados, onde o melhoramento genético tendeu a decrescer a altura de

planta com o transcurso dos anos, afim de prevenir problemas com acamamento (FONSECA *et al.*, 2004)

A altura de planta, juntamente com o comprimento e a largura das folhas, apesar de apresentarem caráter quantitativo, são características importantes na escolha de materiais, pois folhas largas e compridas, desde que eretas, permitem o aumento da taxa fotossintética e, com isso, a planta adquire maior capacidade de produção (VIEIRA, 2007).

A característica resistência do colmo ao acamamento apresentou médias nas safras 2011/2012 e 2012/2013 de, respectivamente, 7,40 - colmo forte e 8,93 - colmo muito forte (Tabela 4). Segundo Guimarães *et al.* (2002), cultivares mais altos e com colmos mais fracos acamam facilmente. Este acamamento diminui a secção transversal dos feixes vasculares, reduzindo assim, o movimento dos fotoassimilados e nutrientes absorvidos pela raiz, e como consequência, a produção de arroz diminui, além de impossibilitar a colheita mecanizada. Observa-se que a segunda safra apresentou melhor adaptabilidade e superioridade, que pode ser justificada por demais fatores abióticos.

Para senescência das folhas, as médias foram em 2011/2012 e 2012/2013, respectivamente, 5,57 - senescência intermediária e 3,89 - senescência precoce (Tabela 4). Conforme Terra (2008), em caso de exposição demorada da planta ao estresse ou se a intensidade do agente estressor for muito intensa, há possibilidade da mesma não conseguir se adaptar a tal condição, podendo chegar à exaustão. Alta intensidade e maior duração do estresse poderão gerar senescência precoce, devido a redução da taxa fotossintética foliar. Observa-se que a segunda safra apresentou senescência precoce, fator desfavorável à planta, enquanto a primeira apresentou senescência intermediária.

Evidencia-se, ainda, que tal fator não foi, possivelmente, causado por interação genótipo x ambiente, visto que este não variou significativamente (Tabela 1). Centritto *et al.* (2009), trabalhando com diferentes genótipos de arroz, verificaram que os valores de taxa fotossintética e consequente senescência foliar foram altamente influenciados pela fase de desenvolvimento da planta e não pela deficiência hídrica.

As médias da característica número de panículas (Tabela 4) da safra 2011/2012 e 2012/2013 foram, respectivamente, 27,19 panículas e 65,72 panículas, uma amplitude média de 38,73 panículas.

Em trabalho com arroz de avaliação de características morfofisiológicas em uma coleção para tolerância à seca, Terra (2008) verificou para a característica número de panículas diferença significativa entre os genótipos na condição com estresse hídrico, com média de 96 panículas m^{-2} , superior a encontrada nesse estudo.

A característica número de perfilhos apresentou médias (Tabela 4) nas safras 2011/2012 e 2012/2013 de, respectivamente, 25,24 perfilhos e 49,00 perfilhos, com diferença média de 23,76 perfilhos.

Não foi evidenciada interação genótipo x ambiente neste caráter, assim como não houve variação significativa entre os genótipos (Tabela 1). A safra 2011/2012 apresentou plantas mais baixas e menos perfilhadas, enquanto a safra 2012/2013 apresentou plantas mais altas e com maior perfilhamento. Resultado distinto foi encontrado por Yoshiga e Hasegawa (1982), que ao avaliarem um número considerável de linhagens, verificaram que as que apresentaram maior relação sistema radicular profundo/parte aérea perfilhavam menos e apresentavam porte mais alto. A boa capacidade de perfilhamento pode influenciar positivamente na produtividade, quando o maior número de perfilhos resulta em maior número de panículas por planta.

O perfilhamento pode ser estimulado por diferentes fatores como menor densidade de plantas, maior espaçamento entrelinhas no plantio (SCHWEITZER *et al.*, 2009), maiores doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas na adubação e por estresses ambientais que venham quebrar a dominância apical das plantas (EICHLER *et al.*, 2008). Conforme Moulia *et al.* (1999), a capacidade de perfilhamento está associada, também, com características genéticas do genótipo utilizado no plantio, sendo que o desenvolvimento de perfilhos é dependente da quantidade de folhas e raízes da planta.

No trabalho de Terra (2008), para a variável número de perfilhos m^{-2} não foi encontrada diferença entre os genótipos na condição sem estresse hídrico. No entanto, para a condição com estresse hídrico, foram encontradas

diferenças. Foram encontradas diferenças significativas entre os ambientes para o número de perfilhos, havendo uma diminuição desses na condição de estresse e quanto maior o número de perfilhos menor a produtividade. Essa característica talvez possa ser explicada devido à capacidade dos genótipos mais tolerantes ao estresse hídrico de apresentarem maior conversão de fotoassimilados em enchimento de grãos, refletindo-se em maior produção. Aqueles mais susceptíveis ao estresse hídrico, que produzem maior número de perfilhos nessa condição provavelmente não obterão a fertilidade dos mesmos, refletindo-se em esterilidade e, conseqüentemente, em menor produção devido ao redirecionamento de fotoassimilados para produção de matéria seca e não em enchimento de grãos. No presente trabalho foi encontrado maior número de perfilhos na safra 2011/12 e nesta menor produtividade e o inverso para a safra 2012/13.

As médias de exerceção da panícula para as safras de 2011/2012 e 2012/2013 (Tabela 4) foram, respectivamente, 6,67 - exerceção moderada e 5,65 - exerceção justa. Enquanto as médias de comprimento de panícula foram, respectivamente, 3,78 e 4,15 – panículas curtas. No trabalho realizado por Gomez *et al.* (2006), com linhagens de arroz, o comprimento da panícula e o número de perfilhos produtivos tiveram correlações positivas e significativas com rendimento de grãos.

As características de comprimento da panícula e colmo e porte da planta são altamente influenciadas pelo ambiente principalmente pela dosagem de nitrogênio e déficit hídrico (FONSECA *et al.*, 2002)

A distribuição das ramificações da panícula obteve médias de, respectivamente, 6,18 -ramificações horizontais e 1,86 - ramificações eretas (Tabela 4) e foi possível verificar interação genótipo ambiente ($p < 0,05$) nesse caráter (Tabela 2). Já a característica distribuição das ramificações secundárias apresentou médias (Tabela 4) de, respectivamente, 2,01 e 2,57 - ramificações densas.

As únicas características que apresentaram diferença estatística quanto aos genótipos foram, distribuição da arista ao longo da panícula e cor da arista (Tabelas 2 e 3), sendo assim, estão apresentadas as médias dos genótipos para estas duas características, na tabela 5, onde pode-se observar que os genótipos que apresentaram distribuição da arista somente no quarto superior da panícula

foram os genótipos 9 e 14, enquanto o restante apresentou ausência de arista. Relacionando a cor da arista (Tabela 4), os genótipos 9 e 14 apresentaram coloração palha.

A característica coloração da lema e da pálea variou significativamente quanto às safras ($p < 0,01$), obtendo médias nas safras (Tabela 4) 2011/2012 e 2012/2013 de, respectivamente, 2,12 e 2,49 – coloração palha, além de também ser evidenciada interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$). Não foi exposta, nesta característica, variação significativa quanto aos genótipos (Tabela 3).

Ao caracterizar morfológicamente variedades de arroz do Maranhão, Araújo *et al.* (2003) observaram a predominância da cor palha nas glumas e glumelas (casca) e a cor amarelo-palha no apículo. No entanto, esta última característica apresentou maior variação, confirmando ser esta uma das características de maior influência para a diferenciação morfológica (ADORIAN, 2010).

A produtividade diferenciou significativamente quanto às safras ($p < 0,05$), apresentando ainda interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$). Não foi evidenciada, nessa característica, variação significativa entre os genótipos. As médias das safras 2011/2012 e 2012/2013, com relação à produtividade (Tabela 4), foram, respectivamente, 803,98 kg/ha e 601,71 kg/ha. Constata-se que a diversidade das condições ambientais nas duas safras, contribuiu para que ocorresse interação genótipos x ambientes e, conseqüentemente, alteração no desempenho relativo das cultivares em virtude das diferenças entre ambientes.

Conforme esperado, a produtividade dos genótipos mostrou-se com ampla variação entre os genótipos testados em cada safra ($P < 0,01$), em função de que cada genótipo expressa um potencial produtivo, dependendo da condição climática onde é produzido. Resultado semelhante foi encontrado por Terra (2008).

Tabela 5. Média geral de características morfoagronômicas em uma coleção de arroz de sequeiro.

Genótipos	Características	
	Distribuição da arista ao longo da panícula	Cor da arista
1	0,84 b	0,665 b
2	0,50 b	0,50 b
3	0,00 b	0,00 b
4	0,00 b	0,00 b
5	0,00 b	0,00 b
6	0,50 b	0,50 b
7	0,00 b	0,00 b
8	0,00 b	0,00 b
9	2,67 a	2,34 a
10	0,00 b	0,00 b
11	0,00 b	0,00 b
12	0,00 b	0,00 b
13	0,00 b	0,00 b
14	2,50 a	2,00 a
15	0,00 b	0,00 b
16	0,00 b	0,00 b
17	0,00 b	0,00 b
18	0,00 b	0,00 b
19	0,00 b	0,00 b
20	0,00 b	0,67 b
21	0,165 b	0,00 b
22	0,00 b	0,00 b
23	0,00 b	0,00 b
24	0,00 b	0,00 b
25	0,00 b	0,00 b
26	0,00 b	0,00 b
27	0,00 b	0,00 b
28	0,165 b	0,34 b
29	0,00 b	0,00 b
30	0,00 b	0,00 b
31	0,00 b	0,00 b
32	0,00 b	0,00 b
33	0,00 b	0,00 b
34	0,00 b	0,00 b
35	0,00 b	0,00 b
36	0,00 b	0,00 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Bernier *et al.* (2007) estudando o efeito do estresse ocasionado pela deficiência hídrica em linhagens de arroz oriundas do cruzamento de duas variedades de terras altas, uma *Indica* considerada susceptível (Way Rarem), e outra *Japonica*, considerada tolerante (Vandana) a tal condição, encontrou variação na produção entre as linhagens, e redução de 88% na média sob a condição de estresse hídrico.

5.3 Condições do ambiente

A interação genótipo x ambiente corresponde à resposta diferencial dos genótipos aos diferentes ambientes. De acordo com Omar *et al.* (1999), as plantas não devem apresentar somente alta capacidade de produtividade de grãos, mas também alta estabilidade produtiva para obter boas produtividades de grãos em diferentes ambientes.

Allard e Bradshaw (1964) consideram a existência de duas condições que contribuem para a interação dos genótipos com o ambiente ao qual é submetido. A primeira é previsível e inclui as variações ambientais que ocorrem de local para local, dentro da área de distribuição da cultura. Entre as condições ambientais previsível estão características como clima, solo e técnicas agronômicas. A segunda condição é a variação imprevisível, como frequência e distribuição de chuvas, temperatura do ar e do solo e ocorrência de geada, entre outras.

As características altura da planta, número de panículas, distribuição da ramificação da panícula, pubescência da lema e da pálea, colocação da lema e da pálea e coloração do apículo apresentaram interação genótipo x ambiente (Tabelas 1, 2 e 3).

Verifica-se a partir da Figura 1 que ocorreu um decréscimo da precipitação nos meses de dezembro a fevereiro. Segundo Crusciol (1998), durante a fase vegetativa, período que ocorre aproximadamente aos 60 - 70 dias após a semeadura, da emergência das plântulas até a diferenciação do primórdio da panícula, a deficiência hídrica reduz a altura da planta, refletindo posteriormente no número de panículas. Durante a segunda safra, houve um pico de precipitação no mês de janeiro, enquanto ocorreu estiagem nos meses de

dezembro e fevereiro. Aos 30 dias após a semeadura, ocorre o final do perfilhamento e alongamento das folhas. Embora tenha ocorrido estiagem, a elevada precipitação do mês de janeiro, provavelmente, favoreceu o alongamento foliar. A temperatura apresentada nos meses de dezembro a fevereiro foi entre 20 °C e 25 °C, que é a faixa de temperatura ótima para a germinação e desenvolvimento vegetativo.

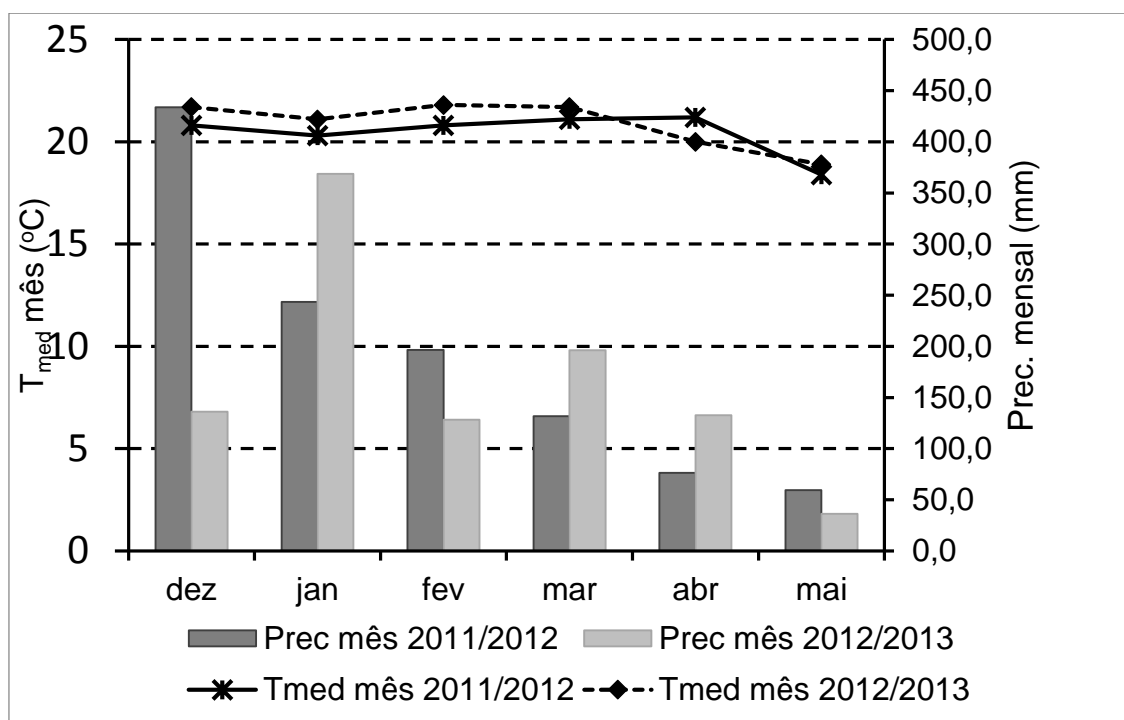


Figura 1: Temperatura média em °C e precipitação pluviométrica mensal (mm) durante os períodos de dezembro de 2011 a maio de 2012 e dezembro de 2012 a maio de 2013, na Fazenda Água Limpa (FAL)/ Universidade de Brasília- Unb, Vargem bonita, Brasília - DF.

Na safra de 2011/2012, observa-se que a precipitação dos meses de março, abril e maio (Figura 1) foram muito baixas e insuficientes para suprir a necessidade hídrica da planta, que é de 200 mm por mês. Durante os meses de março e abril, a planta está na fase reprodutiva, período de maior necessidade hídrica, especialmente após o florescimento, que ocorre aproximadamente 98 dias após a semeadura. Nesse período, a planta é muito sensível a estresses ambientais, como baixas temperaturas, radiação solar e deficiência de água e nitrogênio (CHANDRARATNA, 1964).

O déficit hídrico durante a fase reprodutiva, período da diferenciação do primórdio da panícula até o florescimento, pode reduzir o número de panículas, mediante a não transformação da gema vegetativa em reprodutiva e da degeneração do primórdio da panícula, afetando a porcentagem de colmos férteis (PINHEIRO *et al.*, 1985). A safra 2012/2013 apresentou precipitação mais significativa após o florescimento e temperatura mais elevada no mês de março, favorecendo o desenvolvimento das panículas, além de outros fatores interferirem no processo, como adubação e incidência solar.

A produtividade foi elevada na safra 2011/2012, apresentando rendimento 25,16% superior ao encontrado na safra de 2012/2013 (Tabela 4). Tal produtividade está diretamente relacionada às condições do ambiente durante o período reprodutivo da cultura. O ambiente pode afetar a produtividade de grãos mediante efeito sinérgico, quando atua sobre dois ou mais componentes da produção, ou em um efeito isolado, quando se manifesta sobre um componente da produção.

Tanto a safra 2011/2012 e 2012/2013 apresentaram doenças, contudo, tal característica não foi avaliada no trabalho. A principal doença da cultura do arroz é a Brusone, o fungo *Pyricularia grisea*. A brusone desenvolve rapidamente quando existe condições adequadas como períodos longos de orvalho, tempo nublado, associado a chuvas, as quais mantêm a umidade sobre as folhas. Durante a primeira safra, percebe-se que a precipitação foi elevada no início da cultura (dezembro, janeiro, fevereiro), quando comparada com a precipitação média da região de Brasília nesse período, que equivale a 250 mm de chuva por mês. Com isso, as condições ambientais favoreceram a ocorrência de brusone durante o período vegetativo da cultura, que ocorreu até os 60 – 70 DAE. Percebe-se ainda que a precipitação reduziu significativamente durante o período reprodutivo, que ocorreu nos meses de março, abril e maio. Com a precipitação escassa e aumento da temperatura nesse período, a ocorrência de brusone ficou restrita nas folhas, já que o desenvolvimento do patógeno foi limitado por conta da mudança das condições ambientais presentes durante a fase reprodutiva.

Durante a segunda safra, 2012/2013, a precipitação escassa, abaixo da média do período, ocorreu em todos os meses de ocorrência do período

vegetativo, exceto o mês de janeiro. Logo, a presença de brusone não foi significativa durante o período vegetativo da cultura. Contudo, observa-se que a precipitação média durante o período reprodutivo foi superior a precipitação média da região, que nos meses de março, abril e maio são respectivamente, 165 mm, 110 mm e 45 mm, conforme dados da normal climatológica do DF (1961 a 1990), obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). A precipitação acima da média da região e a redução da temperatura média mensal, presentes na segunda safra, favoreceram o desenvolvimento da brusone na fase reprodutiva da cultura, afetando estruturas diretamente relacionadas à produtividade, como panículas e espiguetas. Com isso, a segunda safra apresentou média de produtividade inferior à da primeira, visto que a ocorrência de brusone interferiu de forma negativa na produtividade média da cultura.

6. CONCLUSÕES

Os genótipos avaliados não apresentaram variabilidade com relação às características avaliadas.

Foi evidenciada grande diferença ambiental entre as safras 2011/12 e 2012/13.

Os genótipos avaliados comportaram-se de forma distinta entre as duas safras, demonstrando a importância da avaliação em mais de uma condição, quando se pretende selecionar genótipos em um programa de melhoramento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, T.; CORDEIRO, C. M. T.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. de B. das N.; BURLE, M. L.; BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; CASTRO, E. da M. de; SILVA, H. T. da; FREIRE, M. S.; ZIMMERMANN, F. J. P.; MAGALHÃES, J. R. Construção de uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n. 2, p.129-136, 2005.

ADORIAN, G.C. **Caracterização da diversidade fenotípica existente em uma coleção nuclear de arroz de terras altas**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins / CAUG – Universidade Federal de Tocantins, Gurupi, 2010.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ARAÚJO, E. S.; SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1281-1288, 2003.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M. E. de; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n. 6, p. 871-879, jun, 2000.

BERNIER, J.; KUMAR, A.; RAMAIAH, V.; SPANER, D.; ATLIN, G. A large-effect QTL for grain yield under reproductive-stage drought stress in upland rice. **Crop Science**, v. 47, p. 507–518, 2007.

BONOW, S. et al. Caracterização morfológica de cultivares de arroz visando à certificação da pureza varietal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 619-627, 2007.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**, 2 ed, Viçosa: Editora UFV, 1998. 453p.

BOYER, J.S. Plant productivity and environment. **Science**, Washington, v.218, p.443–448, 1982.

BRASIL. **Decreto-lei n. 2.366, de 5 de novembro de 1997**. Regulamenta a lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a Proteção de Cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.216, 7 nov. 1997. Seção 1, p. 25342-25343.

BROWN, A. H. D. Core collections: a practical approach to genetic resources management. **Genome**, Ottawa, v. 31, p 818-824, 1989.

BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. de, **Melhoramento Genético de plantas: princípios e procedimentos**, 2 ed., Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CARVALHO-JÚNIOR, A.G. **Efeito da adubação potássica em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro sob déficit hídrico, em solos sob cerrados**. 1987. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras/ ESAL – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1987.

CHANDRARATNA, M.F. **Genetics and breeding of rice**. London: Longmans, 1964. 389p.

CENTRITTO, M.; LAUTERI, M.; MONTEVERDI, M.C.; SERRAJ, R. Leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, and grain yield in contrasting rice genotypes subject to water deficits during the reproductive stage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 8, p. 2325-2339, 2009.

CHAVES, M.M.; OLIVEIRA, M.M. Mechanism's underlying plant resilience to water deficits: prospects for water- saving agriculture, **Journal of Experimental Botany**, Oxford v. 55, n. 407, p. 2365-2384, 2004.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2014- Companhia Nacional de Abastecimento, 2014.** Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_16_14_59_31_bol_etim_graos_junho_2014.pdf>. Acesso em: 21 de out de 2014.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARF, O.; SORATTO, R.P; MACHADO, J.R. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p. 647-654, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; NAKAGAWA, J. & ARF, O. **Efeito do manejo da água e do espaçamento entre fileiras na qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado por aspersão.** Informativo ABRATES, Curitiba, v. 7, n ½, p. 82, 1997. (Resumo, 97).

CRUSCIOL, C.A.C. **Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em duas cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão.** 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

EICHLER, V.; SERAPHIN, E. S.; PORTES, T. A.; ROSA, B.; ARAÚJO, L. A.; SANTOS, S. Produção de massa seca, número de perfilhos e área foliar do capim mombaça cultivados em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 3, p. 617-626, jul./set. 2008.

EMBRAPA. Departamento Técnico Científico. **Programa nacional de pesquisa de arroz**. Brasília, DF, 1981. 69 p.

EMBRAPA. **Descritores para arroz (*Oryza spp.*)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 11p.

FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, p.259-65, 1980.

FAO, Food Outlook, **Global market analysis**, Maio, 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/015/al989e/al989e00.pdf>>. Acesso em: 21 nov 2014.

FONSECA, J. R.; BEDENDO, I. P. **Características morfológicas, agronômicas e fenológicas de algumas cultivares de arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984.58 p. (Boletim de Pesquisa, 3).

FONSECA, J.R.; CUTRIM, V.A.; RANGEL, P.H.N. **Descritores morfo agronômicos e fenológicos de cultivares comerciais de arroz de várzeas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2002. 25 p.

FONSECA, J. R.; MORAIS, O. P. de; CASTRO, E. da M. de; SANTIAGO, C. M.; COLLICHIO, E. **Recomendação de cultivares de arroz de terras altas para o**

Estado do Tocantins. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 7 p. (Circular técnica, 66).

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.

FRANKEL, O.H. Genetic perspectives of germplasm conservation. In: ARBER, W.K.; LLIMENSEE, K.; PEACOCK, W.J.; STARLINGER, P. (Ed.). **Genetic manipulation: impact on man and society.** Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 161-170 p.

FREIRE, M. S.; MORALES, E. A. V.; BATISTA, M. de F. Diversidade genética. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 559-581 p.

FUKAI S, COOPER M. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. **Field Crops Research.** v.40, p.67-86, 1995.

FUKAI, S.; INTHAPAN, P. Growth and yield of rice genótipos under sprinkler irrigation in south-eastern Queensland. 3. Water extraction and plant water relations-comparison with maize and grain sorghum. **Australian Journal of Experimental Agriculture,** East Melbourne, v. 28, n. 2, p. 249-252, 1988.

GOMEZ, S. M.; KUMAR, S. S.; JEYAPRAKASH, P.; SURESH, R.; BIJI, K. R.;BOOPATHI, N. M.; PRICE, A. H.; BABU, R. C. Mapping QTLs Linked to Physio-Morphological and Plant Production Traits under Drought Stress in Rice (*Oryza sativa* L.) in the Target Environment. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology,** v. 2, n. 4, p. 161-169, 2006.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. **Como a planta de arroz se desenvolve**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 12 p. (Boletim Técnico, 13).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRESEGHELLO, F.; PEREIRA, J. A.; CASTRO, E. M. **Arroz de terras altas: espaçamento e densidade de semeadura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 2 p. (Circular Técnica, 61).

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B dos.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de.; STONE, L. F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B dos.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do Arroz no Brasil** – 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Editora Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 53-96 p.

GUIMARÃES, M.C.; STONE, L.F.; OLEIVEIRA, J.P.; RANGEL. P. H. N.; RODRIGUES, C.A.P. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, 126-134 p, jan/mar. 2011.

HAYASHI, S.; KOMOSHITA, A.; YAMAGISHI, J.; KOTCHASATIT, A.; JONGDEE, B. **Genotypic differences in grain yield of transplanted and direct – seeded rainfed lowland rice (*Oryza sativa* L.) in northeastern Thailand**. Field Crops Research, v.102, n.1, p.9-21, 2007. Disponível em: <[http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/2/Ts-2%20genotypic%20differences%20in%20grain%20yield%20of%20transplanted%20and%20directseeded%20rainfed%20lowland%20rice%20\(oryza%20sativa%20l.\)%20in%20northeastern%20thailand.pdf](http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/2/Ts-2%20genotypic%20differences%20in%20grain%20yield%20of%20transplanted%20and%20directseeded%20rainfed%20lowland%20rice%20(oryza%20sativa%20l.)%20in%20northeastern%20thailand.pdf)>.doi:10.1016/j.fcr.2007.01.001.>. Acesso em: 21 nov 2014.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Descriptors for rice (*Oryza sativa* L.)**. Manila: IRRI: IBPGR, 1980. 21 p.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Los Baños: IRRI, 1979. 186 p.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 1980. 125 f. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1980.

KLUTHCOUSKI, K.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; RAISSAC, M. M. de; MOREIRA, J. A. A. **O arroz nos sistemas agrícolas do cerrado**. IN: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Anais...** Goiânia : EMBRAPA – CNPAF, 1991. 282-330 p. (Documentos, 25).

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.

KUMAR, A.; BERNIER, J.; VERULKAR, S.; LAFITTE, H. R.; ATLIN, G. N. Breeding for drought tolerance: Direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerant donors in upland and lowland-adapted populations. **Field Crops Research**, v. 107, p. 221-231, 2008.

LAFITTE, H. R.; COURTOIS, B. Interpreting cultivar x environment interactions for yield in upland rice: assigning value to drought-adaptive traits. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 5, p. 1409-1420, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 753p.

LAZAR, A. M. D.; SALISBURY, C. D.; WORRALL, W. D. Variation in drought susceptibility among closely related wheat lines. **Field Crops Research**, v. 41, p.147-153, 1995.

LORENÇONI, R. **Caracterização fisiológica de diferentes genótipos de arroz de terras altas**. 2013. 131 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2013.

MACHADO, E.C.; LAGÔA, A.M.M.A.; AZZINI, L.E.; FILHO, O.T. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos à deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 8, p. 139-147, 1996.

MARCHEZAN, E. Avaliação de rendimento de engenho de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.47, n.415, p.23, 1994.

MARCHIORO, V. S.; CARVALHO, F. I . F. de, OLIVEIRA, A. C. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G. da; HARTWIG, I; SHIMIDT, D.; CARGNIN, A.; SIMIONI, D. Métodos de semeadura na condução de populações segregantes de aveia e suas interações com o ambiente de seleção. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2005, v. 35, n 2, p. 290-294.

MATSUSHIMA, S. Water and physiology of *Indica* rice. **Proceeding of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, p. 102-109, 1968. Edição especial.

MELO, K.T. **Comportamento de seis cultivares de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims e *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em Vargem Bonita no Distrito Federal**.1999. 99 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

MENEZES, B. R. S. **Caracterização morfoagronômica e qualidade de sementes em arroz vermelho e branco**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

MORAIS, O. P.; ANTUNES, F. Z.; SOARES, P. C. Exigências climáticas da cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, v.5, n 55, p. 16-9, 1979.

MOREIRA, M.F.; KLUGE, R.A. Arroz. In. CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Eds.). **Ecofisiologia de cultivos anuais**. São Paulo: Nobel, 1999. p. 91-108.

MOULIA, B.; LOUP, C.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, J. M.; EDELIN, C. Dynamics of architectural development of isolated plants of maize (*Zea mays* L.), in a non-limiting environment: the branching potential of modern maize. **Annals of Botany**, London, v.84, p. 645-656, 1999.

NAKAGAWA, J.; SÁ, M.E.; ZUCARELI, C.; ARF, O.; CRUSCIOL, C.A.C. Produção e qualidade fisiológica de sementes de arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n 2, p 287-293, 2001.

NASCIMENTO, L. S.; CUNHA FILHO, L. A. Mecanismo genético de caracteres qualitativos em arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Itaguaí, v. 6, n. 1, p. 95-103, 1983.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C. dos, BEZERRA, C.N.; SANTOS, V.F. dos. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1963-1969, 1998.

NUNES, T. V. ; ADORIAN, G.C.; LEAL, T. C.A de B.; SANTOS, A.C.; RAMOS, P.S. Aspectos produtivos de linhagens de arroz de terras altas sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 51-57, 2012. Disponível

em: <http://www.redalyc.org/pdf/1190/119023656007.pdf>. ISSN 1981-1160.

Acesso em: 21 nov 2014.

OMAR, M. A.; ABDEL-HAKIM, A. M.; EI-HADY, M. M. Stability parameters for faba bean genotypes as criteria for response to environmental conditions .**Annals of Agricultural Science**, v. 44, n. 1, p. 173-188, 1999.

PATÍÑO-VALERA, F. **Variação genética em Progenies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento**. 1986.192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1986.

PEREIRA, J.A.; TAVARES SOBRINHO, J.; BELTRÃO, N.E.M. Resposta de genótipos tradicionais e melhoradas de arroz de sequeiro a diferentes níveis de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.6, p.857-865, 1994.

PINHEIRO, B.S.; STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; GUIMARÃES, E.P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.85-87, 1985.

PINHEIRO, B. S. **Morfologia e crescimento da planta de arroz**. In: I Curso Internacional de Melhoramento Genético de Arroz, 1998, Goiânia. Palestra... Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1998.

RABELO, A.R.; RANGEL, P.H.N.; GUIMARÃES, C.M.; SALES, R.M.O.B.; SILVA, F.R. da.; COSTA, M.M.C.; TOGAWA, R.C.; MÁRCIO, E.F.; MEHTA, A. **Expressão diferencial em genótipos de *Oryza sativa* contrastantes para a tolerância a seca**, Brasília, 2006. 21p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 156).

RANGEL, P.H.N.; BRONDANI, C.; FERREIRA, M.E.; RANGEL, P.N.; BRONDANI, R.P.V. **Utilização de espécies silvestres *Oryza glumaepatula* no pré-melhoramento de arroz**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2006, p. 94-98 (Documentos 185).

RANGEL, P. N. **Utilização da espécie silvestre *Oryzaglumaepatula* como doadora de alelos para aumento da produção e tolerância à seca do arroz (*Oryza sativa*) via análise de AB-QTLs**. 2008. 123 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal de Goiás / Instituto de Ciência Biológicas – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

ROSSO, A. F. **Caracterização genética e fenotípica para tolerância ao frio e características agronômicas em arroz irrigado**. 2006. 98 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2006.

SANTOS, A.B.; STONE, L.F. VIEIRA, N.R.A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2 ed Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000p.

SARKARUNG, S. Screening upland rice for aluminum tolerance and blast resistance. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2, 1985, Jakarta. **Proceedings**...Manila: IRRI, 1986. p. 271-281.

SCHWEITZER, C.; SANGOI, L.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; MENGARDA, R. T.; SALDANHA, A.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; VIEIRA, J.; PLETSCHE, A. J.; BIANCHET, P.; PICOLI, G. J. Arranjo de plantas e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 54.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 37., 2009, Veranópolis. **Indicações**

técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul - safras 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G. da; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo de solo; efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água.** Goiânia: EMBRAPA – CNPAF, 1984. 26 p. (Circular técnica, 17).

SERAFIM, D. C. S. **Mapeamento de QTLs para tolerância ao frio e características de importância agrônômica em arroz.** 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SHELBOURNE, C. Genotype environment interaction: its study and its implications in forest tree improvement. In: IUFRO GENETIC SABRAO JOINT SYMPOSIA, Tokyo, 1972. **Proceedings.** Tokyo, 1972. p. B-I(I) 1-27.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 221-227, 2007.

SILVA, A. C. L. **Alteração bioquímicas, morfofisiológicas e produtivas em genótipos de arroz em condições de deficiência hídrica.** 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP. 2012.

STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Produtividade do arroz e absorção de nitrogênio afetados pelo veranico e pela adição de vermiculita ao solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 117-125, 1986.

STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz feijão irrigado por aspersão: efeitos de espaçamento, entrelinhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n. 11, p. 1701-1713, 1994.

STRECK, N. A. et al. Comparação de parâmetros de crescimento e de desenvolvimento de dois biótipos de arroz vermelho com genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 349-360, 2008.

TERRA, T.G.R. **Avaliação de características morfofisiológicas de tolerância à seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.)**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins/ CAUG – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2008.

TERRA, T.G.R.; NUNES, T.V.; ADORIAN, G.C.; LEAK, T.C.A.B. de.; SANTOS, A.C.; RAMOS, P.S. Aspectos produtivos de linhagens de arroz de terras altas sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n 1, p 51-57, 2012.

VENUPRASAD, R.; LAFITTE, H. R.; ATLIN, G. N. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. **Crop Science**, v. 47, p. 285-293, 2007.

VIDAL, M. S.; CARVALHO, J. M. F. C.; MENESES, C. H. S. G. **Déficit hídrico: aspectos morfofisiológicos**, Campina Grande: Embrapa, 2005. (Documentos 142, ISSN 0103-0205).

VIEIRA, J. **Caracterização morfológica e molecular do banco de germoplasma de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) da EPAGRI**. Florianópolis.

2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

YOSHIDA, S.; HASEGAWA, S. The rice root system: its development and function. In: IRRI - International Rice Research Institute. **Drought resistance in crops with emphasis in rice**. Los Baños: IRRI, p. 97-114, 1982.

Anexo 1. Análise de variância individual da safra 2011/12 para características morfofisiológicas em uma coleção nuclear de arroz.

QM															
FV	AP	RCA	SF	NPE	NPA	EP	CP	DRP	DRS	DALP	CA	PLP	CLP	CAP	PRO
Genótipos	215,78**	2,07 ^{ns}	3,44 ^{ns}	310,24*	263,92**	4,83 ^{ns}	0,87 ^{ns}	12,57 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,98*	1,64**	0,66**	0,32 **	4,52**	577557.75**
Erro	41,06	2,00	3,29	191,41	107,93	3,07	1,13	9,67	0,40	0,39	0,33	0,25	0,14	1,81	135906,64
CV	8,56	19,12	32,56	54,81	38,2	26,30	28,18	50,29	31,81	251,22	230,1	23,87	21,92	39,77	45,85
Média	74,86	7,07	7,57	25,24	27,19	6,66	3,77	6,18	2,00	0,25	0,25	2,12	1,71	3,38	803,98

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo pelo teste F; AP: altura de planta; RCA: Resistência do colmo ao acamamento; SF: senescência das folhas; NPA: número de panículas; NPE: número de perfilhos; EP: exerceção da panícula; CP: comprimento de panícula; DRP: distribuição das ramificações da panícula; DRS: distribuição da ramificação secundária; DA: distribuição da arista ao longo da panícula; CA: cor da arista; PLP: pubescência da lema e da pálea; CLP: coloração da lema e da pálea; CAP: coloração do apículo; PRO: produtividade.

Anexo 2. Análise de variância individual da safra 2012/13 para características morfofisiológicas em uma coleção nuclear de arroz.

QM															
FV	AP	RCA	SF	NPE	NPA	EP	CP	DRP	DRS	DALP	CA	PLP	CLP	CAP	PRO
Genótipos	1.34 ^{ns}	1.87*	1.31 ^{ns}	0.90 ^{ns}	1.20 ^{ns}	0.79 ^{ns}	2.07**	2.54**	1.51 ^{ns}	1.13 ^{ns}	1.59 ^{ns}	2.56**	2.69**	1.37 ^{ns}	107154.22**
Erro	87.03	0.11	1.43	300.58	298.83	2.07	0.80	0.79	0.61	0.59	0.34	0.15	0.26	1.57	34011.61
CV	9.78	3.77	31.09	26.01	35.64	25.47	21.50	47.75	30.40	490.68	420.12	23.53	20.41	40.72	30.91
Média	95.38	8.92	3.85	66.66	48.50	5.65	4.15	1.86	2.57	0.16	0.14	1.66	2.49	3.07	596.64

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo pelo teste F; AP: altura de planta; RCA: Resistência do colmo ao acamamento; SF: senescência das folhas; NPA: número de panículas; NPE: número de perfilhos; EP: exerceção da panícula; CP: comprimento de panícula; DRP: distribuição das ramificações da panícula; DRS: distribuição da ramificação secundária; DA: distribuição da arista ao longo da panícula; CA: cor da arista; PLP: pubescência da lema e da pálea; CLP: coloração da lema e da pálea; CAP: coloração do apículo; PRO: produtividade.